

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ СТАЛИ 25X2H4MA

На основе экспериментальных данных об особенностях превращения переохлажденного аустенита в стали 25X2H4MA, а также результатов численного моделирования процесса охлаждения детали переменного сечения были определены параметры термической обработки, обеспечившей требуемый уровень механических свойств различных частей изделия.

Ключевые слова: сталь 25X2H4MA; термокинетическая диаграмма; регламентированное охлаждение; численное моделирование; механические свойства; микроструктура.

Using experimental continuous cooling transformation data of Cr–Ni–Mo steel and numerical modeling data, the heat treatment conditions providing required mechanical properties of variable cross sections of the steel part were determined.

Key words: Cr–Ni–Mo steel; CCT diagram; regulated cooling; numerical modeling; mechanical properties; microstructure.

Актуальной является проблема получения требуемого комплекса механических и эксплуатационных свойств машиностроительных деталей переменного сечения при сокращении материально-временных затрат на их изготовление и обработку. Выполнен научно-обоснованный выбор режима закалки цилиндрических деталей переменного сечения из стали 25X2H4MA с целью получения после низкотемпературного отпуска высокой прочности в тонком сечении при заданном пониженном уровне прочности массивной части. Конструктивные параметры деталей приведены в табл. 1.

Таблица 1

Конструктивные параметры деталей из стали 25X2H4MA

Деталь	Диаметр меньшей части	Диаметр массивной части
№1	60 мм	130 мм
№2	100 мм	180 мм

Детали подвергаются регламентированному охлаждению сначала в ускоренном потоке воздуха, для получения мартенситной структуры в

тонкой части изделия, а затем на спокойном воздухе – для формирования более мягкой бейнитной структуры в массивной части. Для определения продолжительности первой стадии охлаждения деталей разного типоразмера было проведено численное моделирование с использованием методики, приведенной в [1]. В качестве критерия окончания ускоренного охлаждения был выбран момент достижения массивной частью изделия среднemasсовой температуры 400 °С (рис. 1). При данной температуре, согласно приведенным дилатометрическим исследованиям, начинается бейнитное превращение в стали 25Х2Н4МА в диапазоне скоростей охлаждения 0,1...0,3 °С/с, которые достигаются при охлаждении на спокойном воздухе.

В то же самое время среднemasсовая температура тонкой части изделий в момент перехода к охлаждению на спокойном воздухе будет составлять 240...330 °С, и при дальнейшем замедленном охлаждении, согласно диаграмме превращения переохлажденного аустенита, должна сформироваться структура нижнего бейнита и мартенсита.

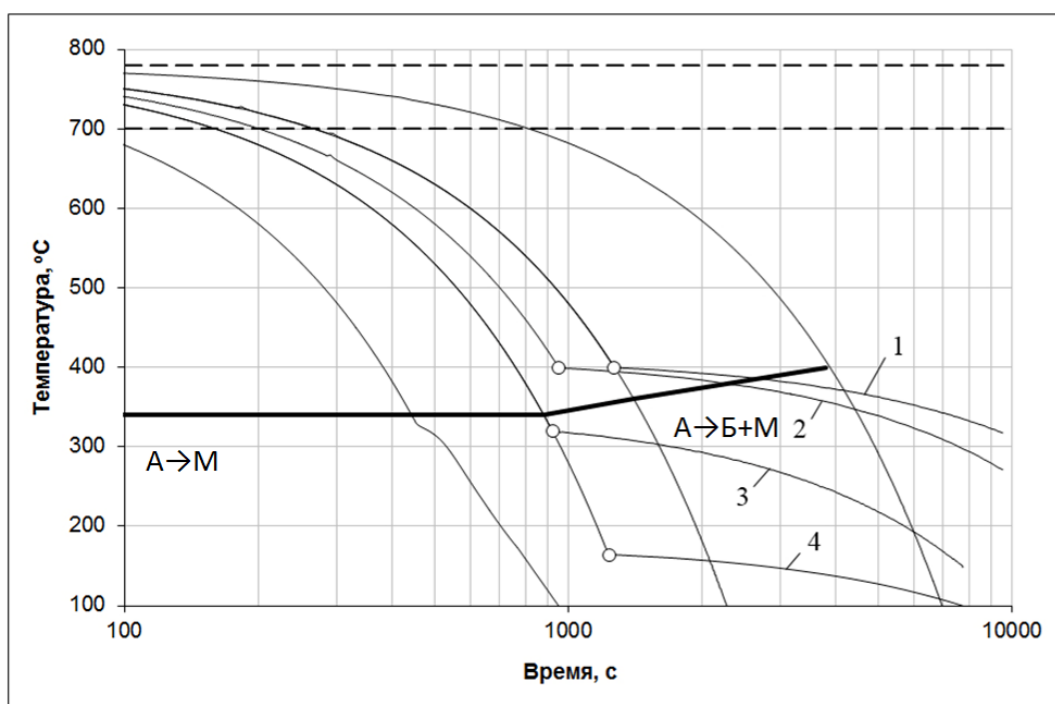


Рис. 1. Расчетные траектории охлаждения массивной (1, 2) и тонкой (3, 4) частей деталей из стали 25Х2Н4МА: 2, 3) деталь № 1; 1, 4) деталь № 2

Таким образом, расчетами определена требуемая продолжительность ускоренного охлаждения в потоке воздуха: для изделия № 1 – 900 с (15 мин.), для изделия № 2 – 1200 с (20 мин.). Вторая стадия (охлаждение на спокойном воздухе) длится до полного остывания изделий.

Проведена промышленная термообработка деталей разного типоразмера из стали 25Х2Н4МА с использованием регламентированного

охлаждения по указанным режимам. После термической обработки от разных частей деталей были отобраны образцы для исследования микроструктуры и механических свойств.

Результаты металлографического анализа показали, что в структуре массивной части изделий № 1 и № 2 наблюдается бейнитная структура с небольшим количеством мартенсита (рис. 2). В структуре тонкой части изделий № 1 и № 2 наблюдается мартенсито-бейнитная структура (рис. 3). Значения механических свойств разных частей термообработанных изделий из стали 25Х2Н4МА приведены в табл. 2.

Таким образом, определенные расчетным образом параметры режима охлаждения обеспечивают практически одинаковый уровень механических свойств массивной части деталей разного типоразмера. При этом обеспечивается требование более высокого уровня прочности тонкой части.

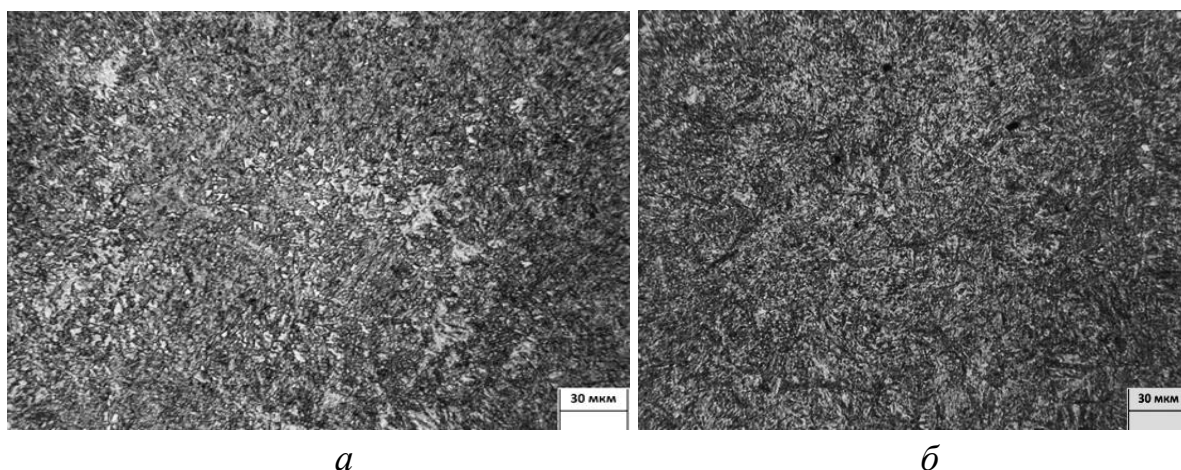


Рис. 2. Микроструктура массивной части детали № 1 (*a*) и № 2 (*б*)

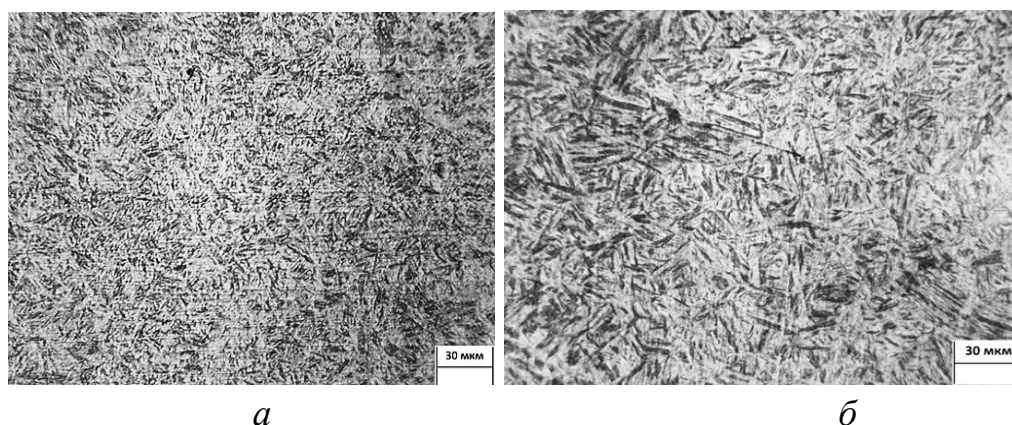


Рис. 3. Микроструктура тонкой части детали № 1 (*a*) и № 2 (*б*)

Таблица 2

Механические свойства изделий из стали 25Х2Н4МА
после термической обработки

Характеристика	Деталь № 1		Деталь № 2	
	Массивная часть	Тонкая часть	Массивная часть	Тонкая часть
$\sigma_{0,2}$, МПа	1320 \pm 40	1560 \pm 40	1340 \pm 40	1620 \pm 40
σ_B , МПа	1440 \pm 40	1670 \pm 40	1470 \pm 40	1720 \pm 40
δ , %	15 \pm 1	15 \pm 1	16 \pm 1	12 \pm 1
ψ , %	52 \pm 3	52 \pm 3	49 \pm 3	43 \pm 3
Твердость, HRC	42...44	46...47	42...44	47...48

Список литературы

1. *Майсурадзе М. В.* Методика численного моделирования процесса охлаждения при термической обработке стальных изделий простой формы / М. В. Майсурадзе, Ю. В. Юдин, М. А. Рыжков // Сталь. 2013. № 10. С. 90–94.